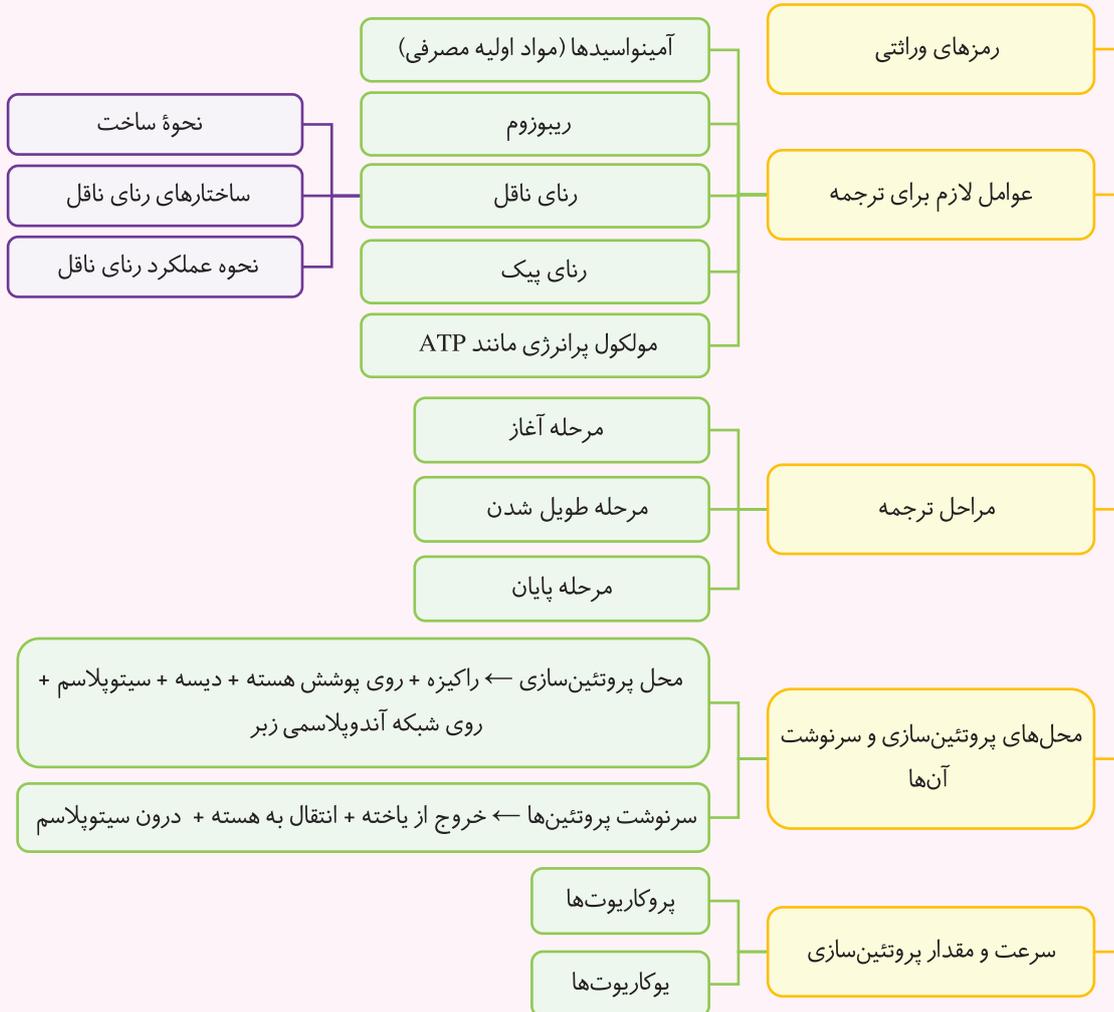


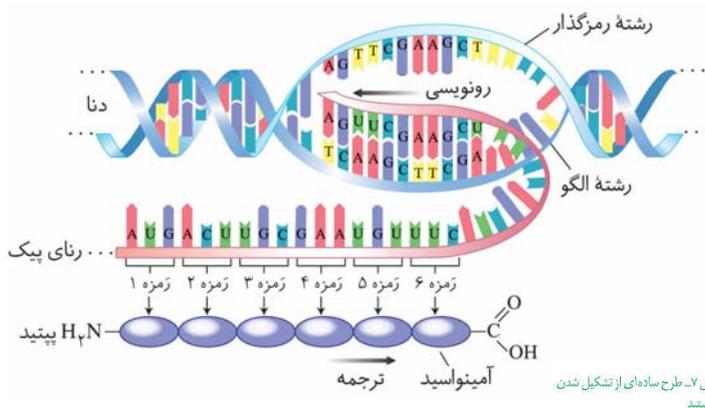
## گفتار ۲: به سوی پروتئین

در یک نگاه به سوی  
پروتئین

۲۷ از مهم‌ترین فرآورده‌های ژن‌ها هستند. پروتئین‌ها اعمال مختلفی را در بدن انجام می‌دهند که پیش از این با برخی از آنها آشنا شده‌اید. اینکه چگونه ژن‌ها و پروتئین‌های حاصل از آن، صفات را ایجاد می‌کنند در آینده مورد بحث قرار می‌گیرند. در این گفتار به نحوه تبدیل اطلاعات وراثتی RNA، به پروتئین می‌پردازیم.

## تبدیل زبان نوکلئیک اسیدی RNA به زبان پلی پپتیدی

دانستید که در فرایند رونویسی از روی توالی‌های DNA، RNA ساخته می‌شود که هر دو از نوکلئوتید تشکیل شده‌اند. ولی در ساختار پلی‌پپتیدها، آمینواسید وجود دارد. به ساخته شدن پلی‌پپتید از روی اطلاعات RNA پیک، ترجمه می‌گویند. طرح ساده‌ای از ژن تا پلی‌پپتید را در شکل زیر مشاهده می‌کنید (شکل ۷).



۱۰۰ شکل مقابل می‌تواند مربوط به یاخته پروکاریوتی باشد؛ چون قبل از اتمام رونویسی، ترجمه انجام شده است.

آمینواسید ابتدایی زنجیره پلی‌پپتیدی فقط از طریق گروه کربوکسیل (خاصیت اسیدی) خود و آمینواسید انتهایی زنجیره پلی‌پپتیدی فقط از طریق گروه آمین (خاصیت قلیایی) خود در پیوند پپتیدی شرکت دارد؛ یعنی سر آمینی آمینواسید اول و سر کربوکسیلی آمینواسید آخر آزاد است.

جهت ترجمه از سمت ابتدای رنای پیک به سمت انتهای آن است.

در رنای پیک قبل از رمز آغاز، نقطه‌چین گذاشته شده است؛ این یعنی رنای پیک با رمز آغاز شروع نمی‌شود و بخش قبل از رمز آغاز در رنای پیک، ترجمه نمی‌شود، پس یعنی رونویسی هم از رمز آغاز شروع نمی‌شود. از قبل‌تر از آن شروع می‌شود و بخش‌هایی در رنای پیک هست که ترجمه نمی‌شود. آمینواسیدهای بین آمینواسید اول و آخر زنجیره پلی‌پپتیدی، از هر دو بخش کربوکسیل و آمین خود در پیوند پپتیدی شرکت دارند.

**100** در شکل به نظر می‌رسد که جهت رونویسی و ترجمه مخالف همدیگر باشد اما در واقعیت چنین چیزی وجود ندارد! جهت هر دو فرایند رونویسی و ترجمه یکسان و از ابتدای ژن به سمت انتهای ژن هست. این مطلب رو در شکل صفحه ۳۲ کتاب درسی می‌توانید مشاهده بفرمائید.

توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی رنای (۲۸) تعیین می‌کند که کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلی‌پپتید قرار بگیرد. به این توالی‌ها، **رمزه (کدون)** گفته می‌شود. در یاخته ۶۴ نوع رمز وجود دارد. نکته قابل توجه این است که رمزه آمینواسیدها در جانداران **یکسان‌اند**. به نظر شما این موضوع بیانگر چه واقعیتی است؟

رمزه‌های UGA، UAA و UAG هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند که به آنها **رمزه پایان** می‌گویند، زیرا حضور این رمزه‌ها در رنای پیک موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود. **رمزه آغاز** یا AUG رمزه‌ای است که ترجمه از آن آغاز می‌شود. این رمزه، معرف آمینواسید (۲۹) نیز است.

رمزه‌های مطرح شده در کتاب درسی:

رمزه	AUG	GAA	GUA	UAA	UAG	UGA
پادرمزه	UAC	CUU	CAU	-	-	-
رمز دنا	TAC	CTT	CAT	ATT	ATC	ACT
معنی	متیونین	گلوتامیک‌اسید	والین	پایان	پایان	پایان

بعضی از آمینواسیدها فقط یک رمز و یک رمزه دارند، مثل متیونین و در مقابل بعضی دیگر از آمینواسیدها چند رمز و چند رمزه دارند.

**100** هر توالی AUG لزوماً رمز آغاز نیست! در صورتی که توالی AUG در **رنای پیک و اولین کدون** آن باشد، به آن رمز آغاز می‌گویند.

در ارتباط با رمزه‌های پایان باید بدانید که:

- ◆ فاقد پادرمزه هستند.
- ◆ همگی با نوکلئوتید یوراسیل‌دار شروع می‌شوند.
- ◆ همگی دارای یک نوکلئوتید پیریمیدین‌دار و دو نوکلئوتید پورین‌دار هستند.
- ◆ همگی در ساختار خود فاقد باز آلی سیتوزین هستند.
- ◆ همگی در ساختار خود ۵ حلقه آلی نیتروژن دار دارند.
- ◆ طی ترجمه فقط به جایگاه A رناتن وارد می‌شوند.

**100** در سوالات گاهی از لفظ توالی استفاده می‌شود. مثلاً اگر در سوال گفته شود توالی UAG شما باید دو حالت را در نظر بگیرید:

- ۱ اگر این توالی کدون باشد ← توالی UAG کدون پایان خواهد بود و فقط وارد جایگاه A ریبوزوم می‌شود.
- ۲ اگر این توالی آنتی کدون باشد ← مربوط به کدون AUC خواهد بود و می‌تواند به هر ۳ جایگاه ریبوزوم وارد شود.

## آزمون عبارات

- ۳۴ رنایی که ترتیب آمینواسیدهای یک پروتئین را تعیین می‌کند، دستخوش تغییراتی در حین و یا پس از رونویسی می‌شود.
- ۳۵ هر رمزه در رنای پیک، یک توالی پادرمزه در ساختار یکی از رنای‌های ناقل دارد.
- ۳۶ در پارامسی، رشته دارای رمزه‌های آمینواسید، برخلاف رشته دارای رمزه‌های آمینواسید توسط آنزیم دنابسپاراز ساخته می‌شود.
- ۳۷ همه رمزه‌هایی که حضور آن‌ها در رنای پیک موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود، نوکلئوتید آدنین‌دار و یوراسیل‌دار دارند.

(خارج ۹۸)

۱۳. کدام گزینه، عبارت مقابل را به طور مناسب کامل می‌کند؟ «در همه جانداران، هر رنا (RNA) بی که ..... دارد، فقط .....»

- (۱) در ساختار خود پیوندهای اشتراکی - از رونویسی یک ژن حاصل شده است.
- (۲) در ساختار خود رمزه (کدون) پایان - در درون هسته یاخته پیرایش می‌شود.
- (۳) به رشته پلی‌پپتیدی در حال ساخت اتصال - توسط یک رنابسپاراز (RNA پلی‌مراز) ساخته شده است.
- (۴) به رشته رمزگذار شباهت بسیار - از طریق رمزه (کدون)های خود با پادرمزه (آنتی کدون)ها ارتباط برقرار می‌کند.

(پورسینا)

۱۴. کدام عبارت در خصوص انواع رناهای مطرح شده در یاخته‌های یوکاریوتی در کتاب درسی، صحیح است؟

- (۱) همه رناهایی که به رنای پیک متصل می‌شوند، توسط رنابسپاراز ۳ تولید می‌شوند.
- (۲) هر رنایی که از روی بخش محدودی از دنا ساخته می‌شود، در ایجاد صفات جاندار موثر است.
- (۳) همه رناهایی که به رشته پلی‌پپتیدی در حال ساخت اتصال دارند، در ابتدا رونوشت میانه و بیانه دارند.
- (۲) هر رنای تعیین‌کننده نوع آمینواسیدهای پروتئین، پیامی ویژه و غیرتکراری را به سیتوپلاسم وارد می‌کند.

## عوامل لازم در ترجمه

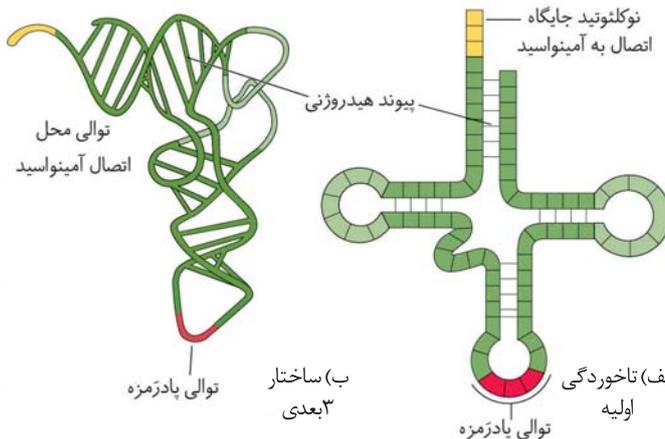
ترجمه نیازمند عوامل مختلفی است. ترجمه را می‌توان به یک فرایند آشپزی از روی کتاب آن تشبیه کرد. براساس دستورالعمل این کتاب، مواد اولیه به مقدار و ترتیب خاصی استفاده و غذای خاصی درست می‌شود. در ترجمه هم براساس رمزه‌های رنای پیک، پلی‌پپتید خاصی ساخته می‌شود. مواد اولیه مصرفی در ترجمه، **۳۰** هستند. رناتن‌ها و رناهای ناقل از دیگر عوامل لازم در ترجمه هستند. انرژی لازم برای تهیه پلی‌پپتید هم از مولکول‌های پر انرژی مانند ATP به دست می‌آید.

## آزمون عبارات

- ۳۸ به طور طبیعی مولکول تأمین‌کننده انرژی لازم برای تهیه پلی‌پپتید، ساختاری نوکلئوتیدی با قند ریبوز دارد.
- ۳۹ در ساختار مواد اولیه مصرفی در فرایند ترجمه به طور حتم، یک پیوند دوگانه بین کربن و اکسیژن دیده می‌شود.
- ۴۰ در فرایند ترجمه، به ازای هر یک از رمزه‌های رنای پیک، یک آمینواسید در ساختار پلی‌پپتید قرار می‌گیرد.

## ساختار رنای ناقل

رنای ناقل **۳۱** از رونویسی دچار تغییراتی می‌شود. در ساختار نهایی رنای ناقل، نوکلئوتیدهای مکمل می‌توانند پیوند هیدروژنی ایجاد کنند. به



همین علت رنای تک رشته‌ای، روی خود تا می‌خورد (شکل ۸ الف). رنای ناقل تاخوردگی‌های مجددی پیدا می‌کند که ساختار **۳۲** را به وجود می‌آورد. در این ساختار یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام پادرمزه (آنتی کدون) است (شکل ۸). به نظر شما علت این نام‌گذاری چیست؟ هنگام ترجمه، این توالی با توالی رمزه مکمل خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می‌کند. در همه رناهای ناقل، به جز در ناحیه پادرمزه‌ای، انواع توالی‌های مشابهی وجود دارند. (۲۰۴ نوبت تیر) انتظار این است که به تعداد انواع رمزه‌ها، پادرمزه وجود داشته باشد ولی تعداد انواع پادرمزه‌ها کمتر از رمزه‌ها است؛ مثلاً برای رمزه‌های پایان، رنای ناقل وجود ندارد.

**۳۳** ساختار دوبعدی رنای ناقل از چند ساقه (بازو) و حلقه تشکیل شده است که ساقه بالایی، حلقه ندارد. ساقه‌ها بخش‌هایی از رنای ناقل هستند که روی خودشان تا خورده و پیوندهای هیدروژنی بین بازوهای مکملشان تشکیل شده است. در مقابل، حلقه‌ها فاقد پیوندهای هیدروژنی هستند.

**۳۴** در تاخوردگی اولیه رنای ناقل در امتداد انتهای بلندتر، بازوی کوچک وجود دارد.

**۳۵** توالی جایگاه اتصال به آمینواسید در انتهای بلندتر ساقه‌ای از رنای ناقل قرار دارد که فاقد حلقه است و از یک توالی سه نوکلئوتیدی تشکیل شده است. یکی از این ۳ نوکلئوتید (یعنی نوکلئوتید انتهایی که سر آزاد دارد) توسط نوعی آنزیم به آمینواسید مربوطه متصل می‌شود.

**۳۶** تعداد نوکلئوتیدهای قرارگرفته در دو سمت توالی پادرمزه‌ای در رنای ناقل، یکسان نیست.

**۱۰۰** در همهٔ رناهای ناقل، به جز در ناحیه پاد رمزه‌ای، انواع توالی‌های مشابهی وجود دارند. توالی نوکلئوتیدی جایگاه اتصال آمینواسید در انواع رناهای ناقل، یکسان است.

**۱۰۰** در یک یاخته این طوری نیست که فقط برای کدون‌های پایان، رنا ناقل وجود نداشته باشد. در خط کتاب درسی گفته شده است که مثلاً برای رمزه‌های پایان، رنا ناقل وجود دارد و همین کلمهٔ مثلاً داستان رو درست کرده!

تعداد انواع رمز = رمزه < تعداد انواع پادرمزه < تعداد انواع آمینواسید.

**سرچیچه** با توجه به متن کتاب درسی می‌توان گفت که در صورتی در ترجمه توالی پادرمزه در مقابل توالی رمزه غیرمکمل قرار بگیرد، پیوند هیدروژنی نامناسب شکل می‌گیرد نه اینکه شکل نگیرد! البته شما اصل را بر این بگذارید که در این وضعیت پیوندی ایجاد نمی‌شود مگر اینکه خلافش ثابت شود! (😊)

## آزمون عبارات

- ۱۴۱** هر توالی پادرمزه با رمزهٔ مکمل خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می‌کند.
- ۱۴۲** هر آمینواسید در هر رنا پیک، فقط یک رمزهٔ سه نوکلئوتیدی دارد.
- ۱۴۳** به طور طبیعی یک نوع رنا ناقل نمی‌تواند بیش از یک نوع آمینواسید را حمل کند.
- ۱۴۴** دو رنا ناقل با توالی پادرمزهٔ متفاوت، ممکن نیست یک نوع آمینواسید را به سمت ریبوزوم حمل کنند.
- ۱۴۵** در یک رنا ناقل طبیعی، تعداد پیوند هیدروژنی در بخش منتهی به جایگاه اتصال به آمینواسید می‌تواند از تعداد همین پیوند در بخش هر یک از بخش‌های دیگر، بیشتر باشد.
- ۱۴۶** به طور طبیعی در رنا ناقل، توالی پادرمزه در فاصلهٔ یکسانی از انتهای هیدروکسیل و انتهای فسفات مولکول رنا دارد.
- ۱۴۷** شروع تاخوردگی‌های اولیه در ساختار رنا ناقل در زمان رونویسی است.
- ۱۴۸** در یک رنا ناقل (tRNA)، سرانجام دو ناحیه دارای نوکلئوتیدهایی غیر مکمل در مجاورت هم قرار می‌گیرند.
- ۱۴۹** در یک رنا (RNA) ناقل، سرانجام همهٔ نواحی دارای نوکلئوتیدهای غیرمکمل در مجاورت هم قرار می‌گیرند.

**۱۵.** در بین موارد زیر به ترتیب از راست به چپ، چند مورد فقط در ارتباط با رنا A و چند مورد برای هر دو رنا A و B صحیح است؟ (پورسینا)

رنا A: نوعی رنا که ترتیب آمینواسیدها در رشتهٔ پلی‌پپتیدی را تعیین می‌کند.

رنا B: نوعی رنا که با آمینواسیدها پیوند اشتراکی ایجاد می‌کند.

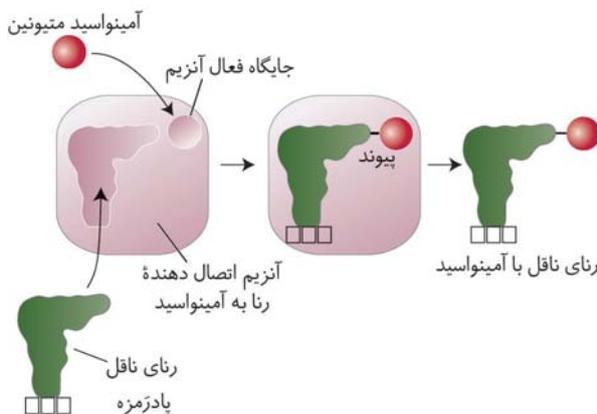
الف: می‌تواند پس از رونویسی دست‌خوش تغییراتی شود. ب: هر توالی سه نوکلئوتیدی آن، معرف یک آمینواسید است.

ج: با رشتهٔ رمزگذار دنا، توالی نوکلئوتیدی مشابه دارد. د: در هسته هر نوع از آن توسط یک نوع رنابسپاراز تولید می‌شود.

ه: به همراه پروتئین در ساختار زیرواحدهای رناتن وجود دارد. و: یکی از تغییرات پس از رونویسی در آن، حذف رونوشت میانه است.

(۱) دو - سه (۲) یک - سه (۳) سه - دو (۴) سه - یک

## نحوهٔ عمل رنا ناقل



شکل ۹- نحوهٔ پیوستن آمینواسید به رنا ناقل مربوط به خود توسط آنزیم ویژهٔ آن

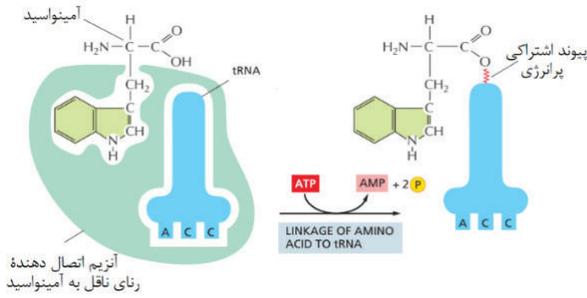
همان‌طور که گفته شد، آمینواسید به رنا ناقل متصل می‌شود. حال پرسش این است که آیا هر نوع آمینواسید به هر نوع رنا ناقل می‌تواند متصل شود؟ اهمیت بخش پادرمزه‌ای در این اتصال چیست؟

در واقع در یاخته‌ها، آنزیم‌های ویژه‌ای وجود دارند که براساس نوع توالی (۳۳)، آمینواسید مناسب را به رنا ناقل متصل می‌کنند (۴۰۲ نوبت).

تیر؛ یعنی آنزیم با تشخیص (۳۴) در رنا ناقل، آمینواسید مناسب را یافته و به آن وصل می‌کند. این فرایند نیازمند انرژی است (شکل ۹). حال بر اساس آنچه تاکنون دربارهٔ رمزه‌ها خوانده‌اید آیا می‌توانید حدس بزنید رنا ناقل با چه توالی پادرمزه‌ای می‌تواند به آمینواسید متیونین متصل شود؟

آنزیم اتصال‌دهندهٔ رنا ناقل دو جایگاه دارد؛ یکی برای آمینواسید و دیگری برای رنا ناقل.

در یاخته ها ۲۰ نوع آنزیم اتصال دهنده آمینواسید به رنای ناقل وجود دارد؛ در واقع هر نوع آمینواسید، یک آنزیم ویژه برای خودش دارد! ویژگی‌های آنزیم اتصال دهنده رنای ناقل به آمینواسید: درون یاخته‌ای است + پروتئینی است + پیوند اشتراکی ایجاد می‌کند.



متصل شدن آمینواسید به رنای ناقل، خارج از ریبوزوم است.

آمینواسیدها از طریق گروه کربوکسیل خود به رنای ناقل متصل می‌شوند. میروئیم که اولین آمینواسید زنجیره پلی‌پپتیدی آمینواسید متیونین هست، انتهای آمین آزاد دارد و از طریق گروه کربوکسیل در تشکیل پیوند پپتیدی شرکت کرده. پس در آمینواسید دوم که در جایگاه A ریبوزوم قرار داشته، گروه آمین آزاد بوده که تونسته در تشکیل پیوند پپتیدی شرکت کند. بنابراین، آمینواسیدها از طریق گروه آمینی به رنای ناقل متصل نمی‌شوند.

### آزمون عبارات

- ۵۰ آنزیم‌های ویژه‌ای براساس توالی رمزه، آمینواسید مناسب را به رنای ناقل متصل می‌کنند.
- ۵۱ هر آمینواسید برای اتصال به رنای ناقل مخصوص به خود، در جایگاه فعال آنزیمی ویژه قرار می‌گیرد.
- ۵۲ یک نوع آمینواسید، به تعداد رمزه‌هایی که دارد، آنزیم اتصال دهنده برای متصل شدن به رنای ناقل دارد.
- ۵۳ آمینواسیدها از طریق گروه اسیدی خود به یکی از نوکلئوتیدهای انتهای بلندتر رنای ناقل متصل می‌شوند.
- ۵۴ مواد اولیه مصرفی در ترجمه، برای اتصال به توالی پادرمزه اختصاصی خود به آنزیم ویژه‌ای نیاز دارند.

(۱۴۰۲نوبت تیر داخل)

۱۶. کدام عبارت در خصوص همه جانداران تک یاخته‌ای، صحیح است؟

- (۱) در همه بخش‌های رنای ناقل (tRNA) آن‌ها، توالی‌های مشابهی وجود دارد.
- (۲) در آن‌ها، آمینواسید مناسب به کمک آنزیم ویژه‌ای به مولکول نوکلئیک اسید متصل می‌شود.
- (۳) در فرایند تولید هر پلی‌پپتید در آن‌ها، یک رمزه (کدون) آغاز و سه رمزه (کدون) پایان، شرکت می‌کنند.
- (۴) پروتئین‌هایی که در فاصله بین غشای یاخته و هسته آن‌ها ساخته می‌شود، سرنوشت‌های مختلفی پیدا می‌کنند.

(۱۴۰۲نوبت تیر خارج)

۱۷. کدام عبارت، فقط در خصوص بعضی از جانداران تک یاخته‌ای، صحیح است؟

- (۱) در همه بخش‌های مختلف رنای ناقل آن‌ها، انواع توالی‌های مشابهی وجود دارد.
- (۲) در آن‌ها، آمینواسید مناسب توسط آنزیم ویژه‌ای به مولکول نوکلئیک اسید متصل می‌شود.
- (۳) در فرایند تولید هر پلی‌پپتید در آن‌ها، یک رمزه (کدون) آغاز و سه رمزه (کدون) پایان شرکت می‌کنند.
- (۴) پروتئین‌هایی که در فاصله بین غشای یاخته و هسته آن‌ها ساخته می‌شود، سرنوشت‌های مختلفی پیدا می‌کنند.

### ساختار رناتن

دانستید که رناتن در ساخت پلی‌پپتید نقش دارد. رناتن‌ها از دو زیر واحد تشکیل شده‌اند (شکل ۱۰). هر زیر واحد نیز از رنا و پروتئین تشکیل شده است. به یاد می‌آورید که رنای رناتنی به وسیله کدام رنابسپارازها ساخته می‌شود؟ در یاخته، پروتئین‌های رناتنی ساخته شده و رنای مربوط به آنها در کنار هم قرار گرفته و زیر واحد کوچک و بزرگ رناتن را می‌سازد. رناتن در ساختار کامل، سه جایگاه به نام A، P و E دارد که با آنها در ادامه آشنا خواهیم شد.

جدول مقایسه ای اجزای یک رناتن:

پروتئین موجود در ساختار رناتن	رنای رناتنی	
حداکثر ۰۲ نوع	۴ نوع	چند نوع مونومر
✓	✓	عناصر کربن و نیتروژن دارد
✓	✓	بین مونومرهای خود پیوند اشتراکی دارد
✓	✗	انواعی پیوند بین مونومرهای خود دارد
✓	✓	برای تولید باید آنزیمی بسپاراز به دنا متصل شود

شکل ۱۰- ترتیب قرارگیری زیرواحدهای رناتن (ریبوزوم)



(پورسینا)

۱۸. کدام مورد برای تکمیل عبارت زیر مناسب است؟

« در نوتروفیل‌ها نوعی از مولکول‌های سازندهٔ ریبوزوم‌های سیتوپلاسمی که در ..... ساخته می‌شود، ..... »

(۱) سیتوپلاسم - به منظور قرارگیری در کنار عضو دیگر، باید از دستگاه گلژی عبور کند.

(۲) هسته - در بین هر دو بخش کربوهیدراتی ساختار خود، یک گروه فسفات دارد.

(۳) سیتوپلاسم - با عبور از منافذ پوشش‌های هسته به آن وارد می‌شود.

(۴) هسته - در فرایند بلوغ، بخش‌هایی از آنها جدا و حذف می‌شود.

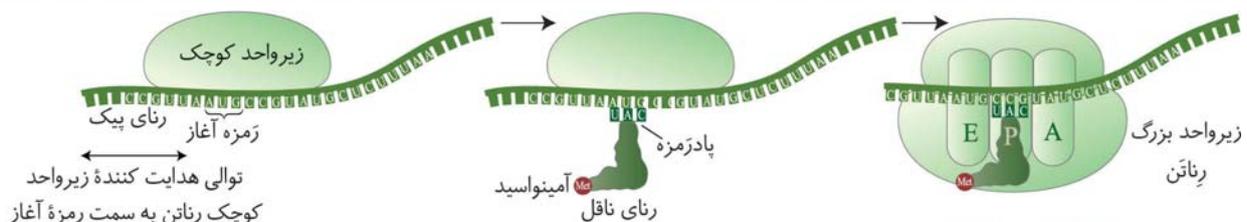
**مراحل ترجمه**

ترجمه نیز فرایندی پیوسته است که برای سادگی در یادگیری آن را به سه مرحلهٔ آغاز، طویل شدن و پایان تقسیم می‌کنند.

**مرحله آغاز**

در این مرحله بخش‌هایی از رنای پیک، زیر واحد کوچک رناتن را به سوی رمزهٔ آغاز، هدایت می‌کند. سپس در این محل رنای ناقلی که مکمل رمزه آغاز است به آن متصل می‌شود. با افزوده شدن زیر واحد بزرگ رناتن به این مجموعه، ساختار رناتن کامل می‌شود.

در این مرحله جایگاه P در رناتن، محل قرارگیری رنای ناقل دارای آمینواسید است. این جایگاه در ابتدا توسط رنای ناقل متیونین اشغال می‌شود. جایگاه A محل قرارگیری رنای ناقل بعدی و آمینواسید متصل به آن خواهد بود. پیوند پپتیدی در جایگاه A برقرار می‌شود. جایگاه E محل خروج رنای ناقل بدون آمینواسید است. در مرحله آغاز فقط جایگاه P پر می‌شود و جایگاه A و E خالی می‌ماند (شکل ۱۱).



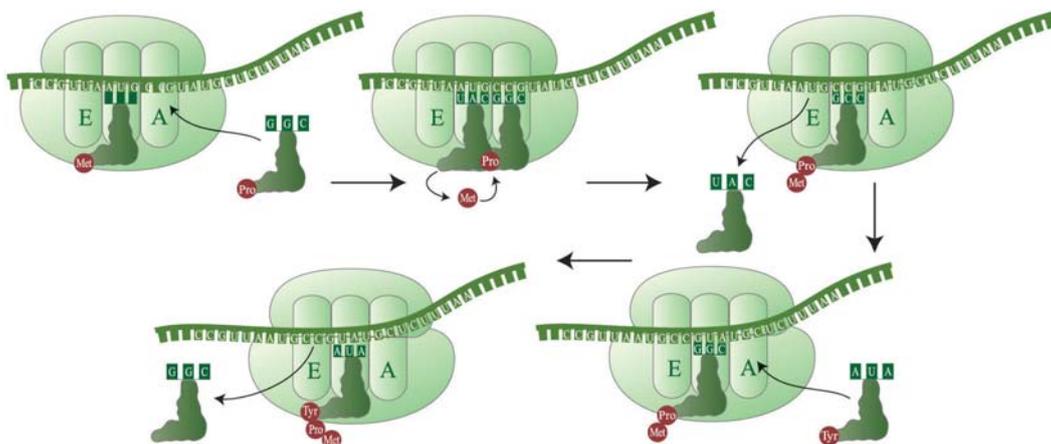
شکل ۱۱- مرحله آغاز ترجمه

**مرحله طویل شدن**

در این مرحله ممکن است رنای ناقل مختلفی وارد جایگاه A رناتن شوند ولی فقط رنایی که مکمل رمزهٔ جایگاه A است، استقرار پیدا می‌کند؛ در غیر این صورت جایگاه را ترک می‌کند.

سپس آمینواسیدِ جایگاه P از رنای ناقل خود جدا می‌شود و با آمینواسیدِ جایگاه A پیوند برقرار می‌کند. آیا می‌دانید پیوند حاصل چه نام دارد؟ پس از آن رناتن به اندازهٔ یک رمزه به سوی پایان پیش می‌رود.

در این موقع رنای ناقل که حامل رشته پپتیدی در حال ساخت است در جایگاه P قرار می‌گیرد (علت نام‌گذاری جایگاه P) و جایگاه A خالی می‌شود تا پذیرای رنای ناقل بعدی باشد. رنای ناقل بدون آمینواسید نیز در جایگاه E قرار می‌گیرد و سپس از این جایگاه خارج می‌شود. این فرایند بارها تکرار می‌شود.



شکل ۱۲ - مرحله طویل شدن ترجمه

وضعیت ترتیب تشکیل و یا تجزیه پیوندها در مرحله طویل شدن:

تشکیل پیوند هیدروژنی بین کدون دوم و آنتی کدون دوم در جایگاه A ← شکستن پیوند اشتراکی بین رنای ناقل و آمینواسید در جایگاه P ← تشکیل پیوند پپتیدی بین آمینواسید خارج شده از جایگاه P با آمینواسید متصل به رنای ناقل جایگاه A.

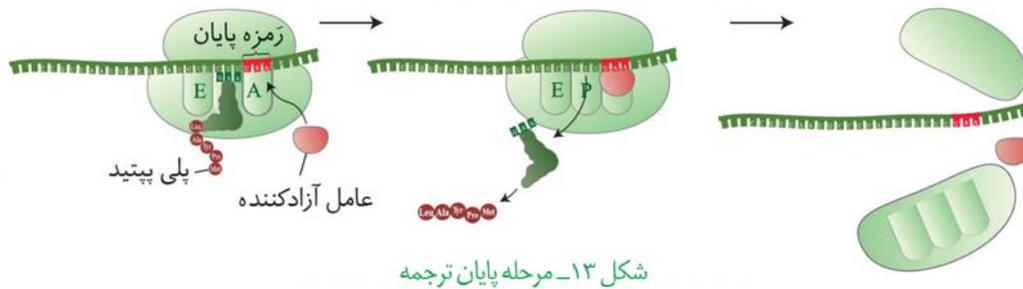
100 در مرحله طویل شدن ابتدا پیوند پپتیدی تشکیل می شود و سپس ریبوزوم حرکت می کند.

در مرحله طویل شدن هر رنای ناقل از طریق جایگاه A به ریبوزوم وارد و از طریق جایگاه E از آن خارج می شود.

به دنبال اولین حرکت ریبوزوم، اولین رنای ناقل به جایگاه E وارد و از آن خارج می شود.

### مرحله پایان

با ورود یکی از رمزهای پایان ترجمه در جایگاه A، چون رنای ناقل مکمل آن وجود ندارد، این جایگاه توسط پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده اشغال می‌شود. عوامل آزادکننده باعث جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین رنای ناقل می‌شوند؛ همچنین باعث جدا شدن زیرواحدهای رناتن از هم و آزاد شدن رنای پیک می‌شوند. زیرواحدهای رناتن‌ها می‌توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی‌پپتید ساخته شود (شکل ۱۳).



مرحله پایان ترجمه: قرارگیری یکی از کدون‌های پایان در جایگاه A ← اشغال شدن جایگاه A توسط پروتئین‌های عوامل آزادکننده ← جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین رنای ناقل در جایگاه P ← خارج شدن رنای ناقل بدون آمینواسید از جایگاه P ← جدا شدن دو زیرواحد ریبوزوم از یکدیگر.

100 آخرین رنای ناقل از جایگاه P خارج می شود نه جایگاه E!

عوامل آزادکننده:

- ◆ از جنس پروتئین هستند.
- ◆ هم در یاخته پروکاریوتی و هم در یاخته های یوکاریوتی وجود دارند.
- ◆ فقط در مرحله پایان ترجمه فعالیت دارند و در جایگاه A رناتن قرار می گیرند.
- ◆ جزء پروتئین‌هایی هستند که توسط رناتن های آزاد در سیتوپلاسم تولید می شوند و در همان محل تولید، فعالیت می کنند.
- ◆ ورود آنها به جایگاه A رناتن در مرحله پایان ترجمه باعث می شود: جدا شدن پلی پپتید از آخرین رنای ناقل (شکستن پیوند اشتراکی) که در جایگاه P قرار دارد + جدا شدن زیرواحدهای رناتن از هم + آزاد شدن رنای پیک.

هالا بریم سراغ نکات ریزتر و مهم تر!

انواع رناهای ناقل وارد شده به ریبوزوم:

- ◆ اولین رنای ناقل ← در مرحله آغاز به ریبوزوم وارد می شود + اصلاً وارد جایگاه A نمی شود + بعد از اولین حرکت ریبوزوم به جایگاه E منتقل و از آنجا از ریبوزوم خارج می‌شود.
- ◆ آخرین رنای ناقل ← در مرحله طویل شدن به ریبوزوم وارد می شود + ابتدا وارد جایگاه A و بعد از آخرین حرکت ریبوزوم به جایگاه P منتقل و از همان جا از ریبوزوم خارج می‌شود + اصلاً وارد جایگاه E نمی‌شود.
- ◆ رناهای ناقل بین اولین و آخرین رنای ناقل ← در مرحله طویل شدن به ریبوزوم وارد می شوند + ابتدا وارد جایگاه A می شوند و بعد از یک حرکت به جایگاه P و بعد از یک حرکت دیگر به جایگاه E منتقل و از آنجا از ریبوزوم خارج می‌شود.
- ◆ رناهای ناقل غیرمکمل وارد شده به ریبوزوم ← در مرحله طویل شدن وارد ریبوزوم می‌شوند + وارد جایگاه A شده و از همان جایگاه از ریبوزوم خارج می‌شوند.

100 در مرحله طویل شدن لزوماً برای خروج هر رنای ناقل از ریبوزوم لازم به جابه جایی نیست! رناهای ناقل غیرمکمل وارد شده به جایگاه A بدون جابه جا شدن ریبوزوم از همان جایگاه از ریبوزوم خارج می‌شوند.

تعداد رمزه و رنای ناقل ورودی به هر یک از جایگاه‌های رناتن:

- ♦ جایگاه E ← رمزه پایان و ماقبل پایان و آخرین رنای ناقل به این جایگاه وارد نمی‌شود.
- ♦ جایگاه P ← همه رمزه‌ها به جز رمزه پایان و همه رنای ناقل وارد شده به رناتن، به این جایگاه وارد می‌شوند.
- ♦ جایگاه A ← همه رمزه‌ها به جز رمزه آغاز و همه رنای ناقل به جز رنای ناقل مربوط به رمزه آغاز به این جایگاه وارد می‌شوند.

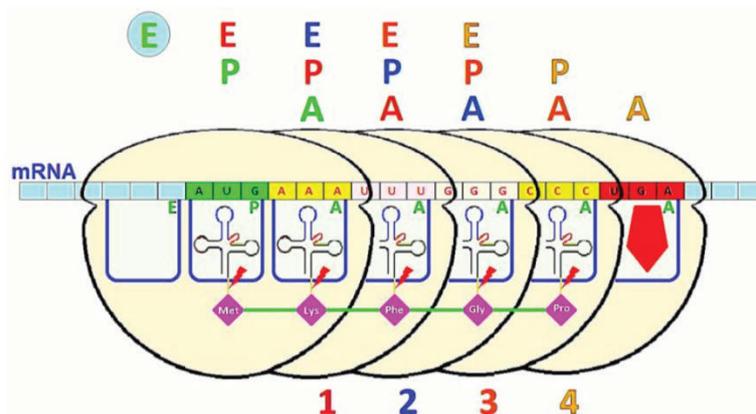
**100** با توجه به این‌که رنای ناقل مختلفی وارد جایگاه می‌شود ولی فقط یکی استقرار می‌یابد می‌توان گفت، تعداد رنای ناقل ورودی به جایگاه A بیشتر از جایگاه‌های P و E است.

در مرحله طولی شدن، در زنجیره پلی‌پپتیدی که به رنای ناقل جایگاه A و P متصل است، دورترین آمینواسید از رنای ناقل، آمینواسید متیونین است و نزدیک‌ترین آمینواسید به رنای ناقل، آخرین آمینواسیدی است که به رناتن وارد و در پیوند پپتیدی شرکت کرده است.

مقایسه جایگاه‌های ریبوزوم:

جایگاه E	جایگاه P	جایگاه A	
✓	✓	✗	ورود کدون آغاز
✗	✗	✓	تشکیل پیوند پپتیدی
✗	✓	✗	شکستن پیوند بین رنای ناقل و آمینواسید
✗	✗	✓	ورود کدون پایان
✗	✓	✓	تشکیل پیوند هیدروژنی بین کدون و آنتی کدون
✓	✓	✗	تجزیه پیوند هیدروژنی بین کدون و آنتی کدون
✗	✗	✓	ورود پروتئین‌های عوامل آزادکننده
✗	✓	✗	محل خروج آخرین رنای ناقل مستقر شده در ریبوزوم
✓	✗	✗	محل خروج همه رنای ناقل مستقر شده در ریبوزوم به جز آخرین رنای ناقل
✓	✗	✗	ورود رنای ناقل بدون آمینواسید
✓	✗	✓	ورود توالی ۳ نوکلئوتیدی غیرقابل ترجمه

**100** سوال محاسباتی ترجمه با یک شکل ناب! (در صورتی که رنای پیک ۶ رمزه داشته باشد).



### آزمون عبارات

- ۵۵ در مرحله پایان ترجمه برخلاف مرحله طولی شدن، شکست پیوند اشتراکی در جایگاه P دیده می‌شود.
- ۵۶ در فرایند ترجمه حرکت ریبوزوم همواره پس از تشکیل نوعی پیوند کووالانسی در جایگاه A صورت می‌گیرد.
- ۵۷ تنها در بعضی از مراحل ترجمه می‌توان در جایگاه P رنای ناقل دارای پیوند پپتیدی را مشاهده کرد.



(خارج ۱۴۰۱)

۲۴. کدام مورد، برای تکمیل عبارت زیر مناسب است؟

«با توجه به فرایند ترجمه در یوکاریوت‌ها می‌توان بیان داشت، پس از آن که رنای ناقل (tRNA) ..... رناتن (ریبوزوم) استقرار پیدا می‌کند، به طور حتم ..... منتقل خواهد شد.»

- (۱) در جایگاه E - نوعی بسیار به جایگاه A
- (۲) در جایگاه خالی - رنای ناقل حامل پیوندهای پپتیدی به جایگاه P
- (۳) حامل توالی آمینواسیدی در جایگاه tRNA-P بدون آمینواسید به جایگاه E
- (۴) دارای پادرمزه (آنتی کدون) UAC در جایگاه tRNA-P حامل آمینواسید به جایگاه A

(۱۴۰۲ انوبت تیر)

۲۵. در خصوص پروتئین‌سازی، کدام مورد، برای تکمیل عبارت زیر نامناسب است؟

«در زمانی که .....، به‌طور حتم، جایگاه ..... رناتن (ریبوزوم) خالی است.»

- (۱) tRNA حامل یک آمینواسید در جایگاه A استقرار می‌یابد - E
- (۲) تنها tRNA موجود در رناتن، در جایگاه P قرار دارد - E و A
- (۳) پیوند پپتیدی بین دو آمینواسید برقرار می‌شود - E
- (۴) tRNA از جایگاه E رناتن آزاد می‌شود - A

(۱۴۰۲ انوبت تیر داخل)

۲۶. در ارتباط با پروتئین‌سازی یک یاخته یوکاریوتی، چند مورد درست است؟

- (الف) در زمانی که اتصال tRNA و توالی آمینواسیدها قطع می‌شود، به‌طور حتم، جایگاه E رناتن (ریبوزوم) خالی است.
- (ب) در زمانی که tRNA حامل یک آمینواسید در جایگاه A قرار می‌گیرد، به‌طور حتم، tRNA حامل توالی آمینواسیدی در جایگاه P قرار دارد.
- (ج) بعد از اینکه tRNA حامل توالی آمینواسید در جایگاه P قرار می‌گیرد، به‌طور حتم، بر طول رشته پلی‌پپتیدی افزوده می‌شود.
- (د) قبل از اینکه tRNA حامل یک آمینواسید در جایگاه A قرار گیرد، به‌طور حتم، tRNA بدون آمینواسید از جایگاه E رناتن خارج شده است.

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

(۱۴۰۲ انوبت تیر خارج)

۲۷. کدام مورد در ارتباط با پروتئین‌سازی یک یاخته یوکاریوتی، درست است؟

- (۱) در زمانی که اتصال tRNA و توالی آمینواسیدها قطع می‌شود، به‌طور حتم، جایگاه E رناتن (ریبوزوم) خالی است.
- (۲) بعد از اینکه tRNA حامل توالی آمینواسیدی در جایگاه P قرار می‌گیرد، به‌طور حتم، بر طول رشته پلی‌پپتیدی افزوده می‌شود.
- (۳) در زمانی که tRNA حامل یک آمینواسید در جایگاه A قرار می‌گیرد، به‌طور حتم، tRNA حامل توالی آمینواسیدی در جایگاه P قرار دارد.
- (۴) قبل از اینکه tRNA حامل یک آمینواسید در جایگاه A قرار گیرد، به‌طور حتم، tRNA بدون آمینواسید از جایگاه E رناتن خارج شده است.

(پورسینا)

۲۸. با توجه به مطالب کتاب درسی، در فرایند ترجمه در باکتری E.Coli چند مورد عبارت زیر را به‌درستی تکمیل می‌کنند؟

«قبل از قرارگیری اولین رنای ناقل در جایگاه .....، زیرواحد بزرگتر ریبوزوم .....»

- الف: A - به زیرواحد کوچکتر متصل می‌شود.
- ب: E - می‌تواند در شرایطی از زیر واحد کوچکتر جدا شود و مراحل ترجمه تکمیل نشود.
- ج: P - به رنای پیک متصل و توسط بخش‌هایی از آن به توالی AUG هدایت می‌شود.
- د: E - به همراه زیر واحد کوچکتر، به اندازه یک رمزه به محل پایان ترجمه نزدیک‌تر می‌شوند.

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

(سنجش)

۲۹. در فرایند ترجمه رنای پیک، کدام مورد زودتر از سایر موارد رخ می‌دهد؟

- (۱) اولین حرکت رناتن در طول رنای پیک
- (۲) ورود اولین رنای ناقل به جایگاه E
- (۳) تشکیل اولین پیوند پپتیدی در جایگاه A
- (۴) ورود رنای مکمل رمزه سوم به جایگاه A

۳۰. در خصوص پروتئین‌سازی، چند مورد، برای تکمیل عبارت زیر مناسب است؟ « در مرحلهٔ تولید شدن زمانی که تعدادی از ریزه‌های رنای پیک ترجمه شده است، هر آمینواسید متصل به رنای ناقل مستقر در جایگاه P که ..... فاصله از توالی پادرمزه را دارد، ..... » (پورسینا)

الف: کمترین - به طور حتم ابتدا وارد جایگاه A رناتن (ریبوزوم) شده است.  
 ب: کمترین - از طریق گروه آمینی خود در پیوند پپتیدی شرکت کرده است.  
 ج: بیشترین - فقط از بخش اسیدی خود، در پیوند پپتیدی شرکت کرده است.  
 د: بیشترین - رمزهٔ مربوط به آن از هر سه جایگاه رناتن (ریبوزوم) عبور کرده است.

۱(۴)

۲(۳)

۳(۲)

۴(۱)

(پورسینا)

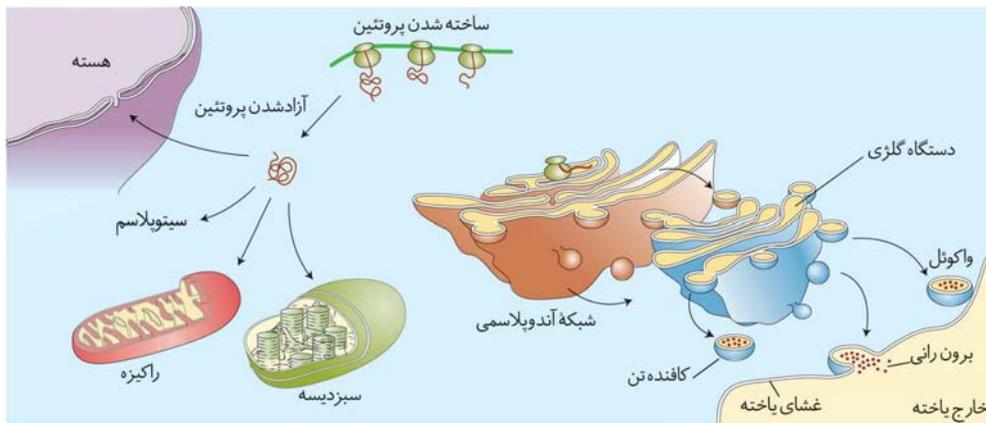
۳۱. کدام مورد برای تکمیل عبارت زیر نامناسب است؟

« در حین ترجمهٔ رنای پیک حاوی اطلاعات لازم برای تولید پادتن، ..... فقط ..... »

- (۱) اولین رمزه - وارد یکی از جایگاه‌های رناتن نمی‌شود.  
 (۲) آخرین رمزه - از جایگاه E رناتن عبور نمی‌کند.  
 (۳) آخرین پادرمزه - از دو جایگاه رناتن عبور می‌کند.  
 (۴) اولین پادرمزه - وارد جایگاه A رناتن نمی‌شود.

### محل پروتئین‌سازی و سرنوشت آنها

پروتئین‌ها در بخش‌های مختلفی از یاخته ساخته می‌شوند. به طور کلی پروتئین‌سازی در هر بخشی از یاخته که رناتن‌ها حضور داشته باشند می‌تواند انجام شود. همان‌طور که در شکل ۱۴ می‌بینید، پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم سرنوشت‌های مختلفی پیدا می‌کنند. **بعضی** از این پروتئین‌ها به (۳۵) ..... و (۳۶) ..... می‌روند و **ممکن است** برای ترشح به خارج رفته یا به بخش‌هایی مثل (۳۷) ..... و (۳۸) ..... بروند. **بعضی** پروتئین‌ها نیز در سیتوپلاسم می‌مانند و یا اینکه به راکیزه‌ها، هسته و یا دیسه‌ها می‌روند. در هر یک از این موارد براساس مقصدی که پروتئین باید برود، توالی‌های آمینواسیدی در آن وجود دارد که پروتئین را به مقصد هدایت می‌کند (شکل ۱۴).



۱۰۰ شباهت توالی آمینواسیدی دو پروتئین در صورتی که مقصد مشترکی داشته باشند، بیشتر است تا حالتی که مقصد آنها متفاوت است.

ریبوزوم از سمت بخش بزرگ خود به شبکهٔ آندوپلاسمی زبر متصل می‌شود.

هسته دو غشا دارد که در بخش‌هایی منافذی در آن ایجاد شده است. در محل منفذ، دو غشا به هم متصل شده‌اند.

شبکهٔ آندوپلاسمی و دستگاه گلژی هر دو از کیسه‌های پهنی ساخته شده‌اند با این تفاوت که در شبکهٔ آندوپلاسمی کیسه‌ها به هم متصل و بزرگ‌ترند.

همان‌طور که از شکل مشخص است، شبکهٔ آندوپلاسمی زبر از بزرگ‌ترین کیسهٔ خود، پروتئین را خارج می‌کند ولی دستگاه گلژی از کوچک‌ترین کیسهٔ خود، پروتئین را دریافت می‌کند.

ساختارهای اول، دوم و سوم پروتئین‌ها می‌تواند همزمان و زمانی که هنوز تولید رشتهٔ پلی‌پپتیدی تمام نشده است، ایجاد شود.

غشای داخلی راکیزه چین‌خوردگی‌هایی دارد.

درون فضای داخلی کلروپلاست، کیسه‌های غشایی به هم متصل وجود دارد که به هر یک از آنها، تیلاکوئید گفته می‌شود. (فصل ۶ دوازدهم)

رشته‌های پلی‌پپتیدی تولید شده در رناتن‌ها از سر آمینی خود به درون شبکهٔ آندوپلاسمی و یا سیتوپلاسم آزاد می‌شوند.